# 饲粮添加脯氨酸对妊娠环江香猪体成分的影响

张　婷[1]　查　伟[1]　唐子龙[1]　孔祥峰[1,2*]

（1.中国科学院亚热带农业生态研究所，亚热带农业生态过程重点实验室，湖南省畜禽健康养殖工程技术研究中心，农业部中南动物营养与饲料科学观测实验站，长沙 410125；2.中国科学院环江喀斯特农业生态实验站，香猪研究中心，环江 547100）

摘　要：本试验旨在研究饲粮添加脯氨酸对妊娠环江香猪体成分的影响。选取32头妊娠15 d的环江香猪，随机分为2组，每组8个重复，每个重复2头猪。分别饲喂在基础饲粮中添加0.77% *L*-丙氨酸（等氮对照组）和1.00% *L*-脯氨酸（脯氨酸组）的饲粮。分别于妊娠第45和70天时，每个重复选择1头母猪屠宰，测定其体成分。结果表明：与等氮对照组相比，妊娠第45天时脯氨酸组环江香猪的脂肪率显著降低（$P<0.05$），皮肤率呈增加趋势（$0.05\leq P<0.10$）；妊娠第70天时脯氨酸组的脂肪率显著增加（$P<0.05$），皮肤率呈降低趋势（$0.05\leq P<0.10$），背最长肌中脯氨酸的含量显著增加（$P<0.05$），精氨酸和丙氨酸的含量呈增加趋势（$0.05\leq P<0.10$）。与妊娠第45天时相比，妊娠第70天时脯氨酸组的脂肪率显著增加（$P<0.05$），瘦肉率与皮肤率显著降低（$P<0.05$）。由此可见，饲粮添加脯氨酸可增加妊娠环江香猪机体脂肪和精氨酸的沉积量，妊娠中期的机体脂肪沉积量比妊娠前期有所增加，从而有利于胎儿的生长发育。

关键词：脯氨酸；妊娠；环江香猪；体成分；氨基酸组成

中图分类号：S828

母猪作为猪场的核心资源，其繁殖性能备受关注。不同妊娠阶段母猪的营养需要量不同，母体营养不足或过剩均会导致母体对胎儿的血液供应减少，从而减少营养物质的供给，阻碍胎儿的生长发育[1]。研究表明，配种前高营养水平饲粮可提高初产母猪的排卵数和卵母质量，若配种后继续饲喂高营养水平饲粮则会降低胚胎的成活率[2]。可见，通过饲粮供给手段调控母体的营养状况，对增加胚胎和胎儿成活率具有重要意义。笔者前期研究发现，与丙氨酸等氮对照组相比，饲粮中添加脯氨酸可通过改善妊娠环江香猪的氮代谢和脂肪代谢，增加胎儿的平均窝重[妊娠第45天时由（102.5±9.2） g增加为（109.8±7.8） g；妊娠第70天时由（726.2±54.5） g增加为（961.7±74.7） g]和平均个体重[妊娠第45天时由（13.4±1.2） g增加为（15.5±2.1） g；妊娠第70天时由（108.1±5.7） g增加为（121.1±10.2） g]；虽然妊娠

---

收稿日期：2016-08-01

基金项目：国家自然科学基金项目（31270044，31572421）；中科院“西部之光”人才培养计划重点项目

作者简介：张　婷（1987–），女，湖南浏阳人，助理研究员，硕士，研究方向为猪氨基酸营养。E-mail: zting729@163.com

*通信作者：孔祥峰，研究员，博士生导师，E-mail: nnkxf@isa.ac.cn

第45天时的平均胎儿数均为7.7头，但妊娠第70天时的平均胎儿数由（7.0±0.4）头增加为（8.0±0.3）头[3]。另外，猪胎盘中存在脯氨酸氧化酶（POX）、鸟氨酸转氨酶（OAT）和鸟氨酸脱羧酶（ODC），脯氨酸可在猪胎盘中合成多胺，改善母体营养，促进胎儿发育[4]。由于受激素的调控，母猪营养需求及其体成分均会随孕龄增加而发生很大的变化；妊娠后期随着胎儿的快速增长，其从母体摄取的营养物质也会相应增加。饲粮添加脯氨酸在促进胎儿生长发育的同时，是否会改变母猪的体成分尚不清楚。基于前期研究，本试验以环江香猪为试验动物，探讨饲粮添加*L*-脯氨酸对妊娠环江香猪体成分的影响，为其在母猪饲粮中的应用奠定基础。

## 1　材料与方法

### 1.1　试验动物、分组与饲养管理

动物试验在广西环江县中国科学院环江香猪实验基地进行。选取体重为25 kg左右的初次妊娠的健康环江香猪32头，自然交配，配种15 d后随机分为2组，每组8个重复（即8栏），每个重复2头猪。每天于09:00和18:00分别饲喂在基础饲粮中添加0.77% *L*-丙氨酸（等氮对照组）和1.00% *L*-脯氨酸（脯氨酸组）的试验饲粮。基础饲粮参照NRC（1998）[5]猪饲养标准并结合环江香猪企业饲粮配方配制，其组成及营养水平见表1。试验期间自由采食和饮水，其他日常管理与免疫流程按常规饲养管理方法进行。

表1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　　%

| 原料 Ingredients | 含量 Content | 营养水平 Nutrient levels[2)] | 含量 Content |
|---|---|---|---|
| 玉米 Corn | 54.0 | 消化能 Digestive energy/（MJ/kg） | 13.40 |
| 豆粕 Soybean meal | 12.0 | 粗蛋白质 Crude protein | 12.04 |
| 米糠 Rice bran | 30.0 | 钙 Calcium | 0.78 |
| 预混料 Premix[1)] | 4.0 | 磷 Phosphorus | 0.62 |
| 合计 Total | 100.0 | 赖氨酸 Lysine | 0.53 |
| | | 精氨酸 Arginine | 0.65 |
| | | 脯氨酸 Proline | 0.67 |

[1)]每千克预混料含有 One kg of premix contained the following: VA 10 200 IU，VD 1 600 IU，VE 75 IU，$VK_3$ 75 mg，$VB_1$ 3 mg，$VB_2$ 16 mg，$VB_6$ 3 mg，$VB_{12}$ 0.8 mg，烟酸 nicotinic acid 69 mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 42 mg，叶酸 folic acid 4 mg，生物素 biotin 1 mg，胆

碱 chorine 900 mg，Fe 150 mg，Cu 11.2 mg，Zn 63 mg，Mn 32 mg，I 1.5 mg，Co 0.3 mg，Se 0.25 mg，Ca 200 mg，P 20 mg。

2)消化能为计算值，其余均为实测值。Digestive energy was a calculated value, while the others were measured values.

### 1.2 样品采集

分别于妊娠第45和70天，每栏选取1头母猪，放血处死，按照国家标准《生猪屠宰操作规程》[6]进行屠宰测定与取样。于右半胴体第6~7肋骨处取背最长肌，现场测定胴体性状；取右半胴体背最长肌200 g放入封口袋，–20 ℃保存，测定其化学成分。

### 1.3 测定指标及方法

#### 1.3.1 胴体性状

参照《猪生产学》[7]测定屠宰率、背膘厚、瘦肉率、脂肪率和皮肤率。

#### 1.3.2 背最长肌成分

取冷冻干燥并粉碎后的背最长肌样品，采用GB/T 5009.6–2003方法测定粗蛋白质含量[8]，采用GB/T 5009.5–2003方法测定粗脂肪含量[9]，参照Liu等[10]的方法测定水解氨基酸含量，参照Liu等[11]的方法测定中长链脂肪酸含量。

### 1.4 数据处理与分析

采用SAS 9.2软件对同一饲粮组不同妊娠期的数据进行独立样本*t*检验，同一妊娠期不同饲粮组间的数据进行单因子方差分析（one-way ANOVA），采用Duncan氏法进行多重比较，以最小二乘均数表示统计结果。$P<0.05$为差异显著，$0.05\leq P<0.10$为有变化趋势。

## 2 结 果

### 2.1 饲粮添加脯氨酸对妊娠环江香猪胴体性状的影响

由表2可知，与等氮对照组相比，妊娠第45天时脯氨酸组的脂肪率显著降低（$P<0.05$），皮肤率呈增加趋势（$0.05\leq P<0.10$）；妊娠第70天时脯氨酸组的脂肪率显著增加（$P<0.05$），皮肤率呈降低趋势（$0.05\leq P<0.10$）；与妊娠第45天时相比，妊娠第70天时脯氨酸组的脂肪率显著增加（$P<0.05$），瘦肉率和皮肤率显著降低（$P<0.05$）。

表 2 饲粮添加脯氨酸对妊娠环江香猪胴体性状的影响

Table 2 Effects of dietary proline on carcass traits in pregnant *Huanjiang* mini-pigs (*n*=8)

| 项目 Items | 时间 Time | 等氮对照组 Isonitrogenous control group | 脯氨酸组 Proline group | SEM | *P* 值 *P*-value |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 背膘厚 | 第 45 天 Day 45 | 16.41 | 14.67 | 1.57 | 0.60 |
| Back fat thickness/mm | 第 70 天 Day 70 | 14.83 | 17.52 | 1.77 | 0.47 |
| 瘦肉率 | 第 45 天 Day 45 | 40.39 | 50.05 | 3.26 | 0.15 |
| Lean meat percentage/% | 第 70 天 Day 70 | 46.96 | $46.00^{*}$ | 0.59 | 0.44 |
| 脂肪率 | 第 45 天 Day 45 | $22.07^{a}$ | $17.09^{b}$ | 1.28 | 0.05 |
| Fat percentage/% | 第 70 天 Day 70 | $18.90^{b}$ | $22.02^{a*}$ | 0.78 | 0.04 |
| 皮肤率 | 第 45 天 Day 45 | 15.48 | 17.66 | 0.61 | 0.07 |
| Skin percentage/% | 第 70 天 Day 70 | 17.20 | $15.32^{*}$ | 0.52 | 0.07 |
| 屠宰率 | 第 45 天 Day 45 | 66.12 | 60.87 | 1.15 | 0.35 |
| Dressing percentage/% | 第 70 天 Day 70 | 59.51 | 59.75 | 0.63 | 0.85 |

同行数据肩标不同字母表示组间差异显著（*P*<0.05），同列数据肩标*表示同一胴体性状不同时间差异显著（*P*<0.05）。下表同。

Values in the same row with different letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), and values of the same carcass trait and different times in the same column with * mean significant difference (*P*<0.05). The same as below.

## 2.2 饲粮添加脯氨酸对妊娠环江香猪背最长肌常规营养成分含量的影响

由表3可知，2个饲粮组间以及2个妊娠日龄间妊娠环江香猪背最长肌中干物质、粗蛋白质和肌内脂肪的含量均无显著差异（*P*>0.05）。

表 3　饲粮添加脯氨酸对妊娠环江香猪背最长肌常规营养成分含量的影响（鲜样基础）

Table 3　Effects of dietary proline on conventional nutrient contents of *longissimus dorsi* muscle in pregnant *Huanjiang* mini-pigs (*n*=8, fresh basis)　　%

| 项目 Items | 时间 Time | 等氮对照组 Isonitrogenous control group | 脯氨酸组 Proline group | SEM | *P* 值 *P*-value |
|---|---|---|---|---|---|
| 干物质 | 第 45 天 Day 45 | 26.37 | 25.73 | 0.51 | 0.57 |
| Dry matter | 第 70 天 Day 70 | 25.66 | 25.63 | 0.34 | 0.96 |
| 肌内脂肪 | 第 45 天 Day 45 | 2.88 | 2.92 | 0.51 | 0.97 |
| Intramuscular fat | 第 70 天 Day 70 | 1.90 | 1.94 | 0.34 | 0.65 |
| 粗蛋白质 | 第 45 天 Day 45 | 21.89 | 21.17 | 0.22 | 0.11 |
| Crude protein | 第 70 天 Day 70 | 22.02 | 22.40 | 0.27 | 0.51 |

2.3　饲粮添加脯氨酸对妊娠环江香猪背最长肌氨基酸与脂肪酸含量的影响

由表4和表5可知，2个饲粮组间以及2个妊娠日龄间妊娠环江香猪背最长肌中脂肪酸的含量均无显著差异（$P$>0.05）；与等氮对照组相比，妊娠第70天时脯氨酸组背最长肌中脯氨酸的含量显著增加（$P$<0.05），精氨酸和丙氨酸的含量均呈增加趋势（0.05≤$P$<0.10）。

表 4　饲粮添加脯氨酸对妊娠环江香猪背最长肌氨基酸含量的影响（鲜样基础）

Table 4　Effects of dietary proline on amino acid content of *longissimus dorsi* muscle in pregnant *Huanjiang* mini-pigs ($n$=8, fresh basis)　　%

| 项目 Items | 时间 Time | 等氮对照组 Isonitrogenous control group | 脯氨酸组 Proline group | SEM | $P$ 值 $P$-value |
|---|---|---|---|---|---|
| 赖氨酸 Lys | 第 45 天 Day 45 | 1.88 | 1.83 | 0.05 | 0.68 |
| | 第 70 天 Day 70 | 1.88 | 1.96 | 0.06 | 0.50 |
| 蛋氨酸 Met | 第 45 天 Day 45 | 0.63 | 0.58 | 0.02 | 0.14 |
| | 第 70 天 Day 70 | 0.71 | 0.64 | 0.04 | 0.47 |
| 苏氨酸 Thr | 第 45 天 Day 45 | 1.04 | 1.03 | 0.03 | 0.82 |
| | 第 70 天 Day 70 | 1.05 | 1.12 | 0.03 | 0.35 |
| 缬氨酸 Val | 第 45 天 Day 45 | 1.20 | 1.17 | 0.03 | 0.55 |
| | 第 70 天 Day 70 | 1.03 | 1.24 | 0.09 | 0.25 |
| 亮氨酸 Leu | 第 45 天 Day 45 | 1.71 | 1.71 | 0.04 | 0.98 |
| | 第 70 天 Day 70 | 1.75 | 1.77 | 0.05 | 0.82 |
| 异亮氨酸 Ile | 第 45 天 Day 45 | 0.95 | 0.93 | 0.03 | 0.81 |
| | 第 70 天 Day 70 | 0.95 | 0.97 | 0.04 | 0.79 |
| 苯丙氨酸 Phe | 第 45 天 Day 45 | 0.77 | 0.81 | 0.02 | 0.39 |
| | 第 70 天 Day 70 | 0.80 | 0.76 | 0.03 | 0.59 |
| 精氨酸 Arg | 第 45 天 Day 45 | 0.90 | 0.91 | 0.11 | 0.10 |
| | 第 70 天 Day 70 | 0.72 | 1.12 | 0.12 | 0.09 |
| 组氨酸 His | 第 45 天 Day 45 | 1.12 | 1.09 | 0.04 | 0.75 |
| | 第 70 天 Day 70 | 1.15 | 1.18 | 0.04 | 0.71 |
| 天冬氨酸 Asp | 第 45 天 Day 45 | 1.96 | 1.92 | 0.06 | 0.77 |
| | 第 70 天 Day 70 | 1.95 | 2.11 | 0.07 | 0.24 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 谷氨酸 Glu | 第 45 天 Day 45 | 3.72 | 3.65 | 0.11 | 0.77 |
| | 第 70 天 Day 70 | 3.81 | 4.01 | 0.14 | 0.50 |
| 丝氨酸 Ser | 第 45 天 Day 45 | 0.89 | 0.87 | 0.02 | 0.78 |
| | 第 70 天 Day 70 | 0.89 | 0.95 | 0.03 | 0.34 |
| 甘氨酸 Gly | 第 45 天 Day 45 | 1.02 | 0.98 | 0.04 | 0.67 |
| | 第 70 天 Day 70 | 0.97 | 1.00 | 0.02 | 0.63 |
| 丙氨酸 Ala | 第 45 天 Day 45 | 1.37 | 1.34 | 0.04 | 0.76 |
| | 第 70 天 Day 70 | 1.33 | 1.48 | 0.04 | 0.06 |
| 酪氨酸 Tyr | 第 45 天 Day 45 | 0.73 | 0.85 | 0.05 | 0.25 |
| | 第 70 天 Day 70 | 0.84 | 0.84 | 0.05 | 0.10 |
| 脯氨酸 Pro | 第 45 天 Day 45 | 1.19 | 1.18 | 0.10 | 0.96 |
| | 第 70 天 Day 70 | $1.13^{b}$ | $1.36^{a}$ | 0.06 | 0.04 |

表 5 饲粮添加脯氨酸对妊娠环江香猪背最长肌脂肪酸含量的影响（鲜样基础）

Table 5 Effects of dietary proline on fatty acid content of *longissimus dorsi* muscle in pregnant *Huanjiang* mini-pigs (*n*=8, fresh basis) %

| 项目 Items | 时间 Time | 等氮对照组 Isonitrogenous control group | 脯氨酸组 Proline group | SEM | *P* 值 *P*-value |
|---|---|---|---|---|---|
| 饱和脂肪酸 SFA | 第 45 天 Day 45 | 35.35 | 36.24 | 0.74 | 0.58 |
| | 第 70 天 Day 70 | 34.87 | 34.91 | 0.55 | 0.97 |
| 不饱和脂肪酸 UFA | 第 45 天 Day 45 | 64.65 | 63.77 | 0.74 | 0.58 |
| | 第 70 天 Day 70 | 65.13 | 65.09 | 0.55 | 0.97 |
| 单不饱和脂肪酸 MUFA | 第 45 天 Day 45 | 41.60 | 38.06 | 1.25 | 0.17 |
| | 第 70 天 Day 70 | 39.59 | 39.43 | 1.39 | 0.87 |
| 多不饱和脂肪酸 PUFA | 第 45 天 Day 45 | 23.05 | 25.71 | 1.05 | 0.22 |
| | 第 70 天 Day 70 | 25.70 | 26.14 | 1.46 | 0.89 |
| 多不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸 PUFA/SFA | 第 45 天 Day 45 | 0.66 | 0.71 | 0.03 | 0.43 |
| | 第 70 天 Day 70 | 0.74 | 0.76 | 0.05 | 0.83 |
| ω-3 | 第 45 天 Day 45 | 0.32 | 0.33 | 0.04 | 0.88 |
| | 第 70 天 Day 70 | 0.37 | 0.39 | 0.04 | 0.87 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ω-6 | 第 45 天 Day 45 | 22.72 | 25.37 | 1.02 | 0.21 |
| | 第 70 天 Day 70 | 25.32 | 25.75 | 1.43 | 0.89 |
| ω-6/ω-3 | 第 45 天 Day 45 | 85.75 | 80.56 | 9.60 | 0.80 |
| | 第 70 天 Day 70 | 73.85 | 70.45 | 5.25 | 0.76 |

SFA=C14:0+C16:0+C17:0+C18:0+C20:0, UFA=C16:1+C18:1*n*9+C18:2*n*6+C18:3*n*6+C20:1+C20:3*n*6+C20:4*n*6+C22:6*n*3, MUFA=C16:1+C18:1*n*9+C20:1, PUFA=C18:2*n*6+C18:3*n*6+C20:3*n*6+C20:4*n*6+C22:6*n*3, ω-3 PUFA=C18:3*n*6+C22:6*n*3, ω-6 PUFA=C18:2*n*6+C20:3*n*6+C20:4*n*6.

## 3 讨 论

妊娠后期母猪不仅需要满足自身的营养需要，还要满足胎儿的营养需求，所以妊娠母猪的体况对其繁殖性能影响较大。通过分析母猪体成分，可以具体了解饲粮营养物质对母体和胎儿的满足状况。生产实践中，一般通过测定背膘厚来了解母猪的体况，背膘厚与脂肪沉积量呈正相关[12]。动物肠道内，碳水化合物和氨基酸经过微生物发酵可产生短链脂肪酸，其被肠道吸收后可用于机体的脂肪合成。肌肉与脂肪组织具有储存机体养分的功能，当机体养分充足或过剩（如采食后）时，营养物质就沉积到肌肉与脂肪组织中[13]。本研究结果发现，与等氮对照组相比，饲粮添加脯氨酸后，妊娠第70天时母猪的胴体脂肪率显著增加，说明脯氨酸可促进妊娠环江香猪体脂肪的沉积，从而为后期胎儿的生长发育提供充足的能量。妊娠第70天时胎盘的发育停止，胎儿迅速增长，加之母猪腹腔容积减小，营养物质吸收减少，母猪会动用体脂来满足胎儿的生长需要，所以脂肪沉积有利于胎儿的生长[14]。与妊娠第45天时相比，妊娠第70天时脯氨酸组的胴体脂肪率显著增加、瘦肉率和皮肤率显著降低，说明妊娠中期脯氨酸有利于母体脂肪的储存。

肝脏将肠道吸收的氨基酸储存起来，然后逐渐释放到血液中，再由血液运送到外周组织合成体蛋白质。所以，氨基酸的数量、种类与比例反映了机体对其利用和沉积的情况。脯氨酸是胶原蛋白的重要组成成分[15]，代谢可生成鸟氨酸、谷氨酸、瓜氨酸、精氨酸和多胺等产物，在营养代谢中发挥着重要的生物学功能[16]。血浆中的瓜氨酸与线粒体中的鸟氨酸是精氨酸合成的前体物[17]。精氨酸可通过多种酶参与机体代谢，能提高胎盘合成一氧化氮（NO）的能力，而NO是血管生成、胚胎形成以及胎盘和胎儿生长发育的关键调控物质[1,15,18]。本研究结果发现，与等氮对照组相比，饲粮添加脯氨酸可增加妊娠第70天时母猪背最长肌中脯氨酸和精氨酸的含量。为满足胚胎的生长发育，子宫会对精氨酸进行充分的吸收与合成[1]。由于脯氨酸代谢可生成多胺，从而减少母体利用精氨酸合成多胺，致使母体中精氨酸的沉积量

增加。

4 结　论

在饲粮中添加1%的脯氨酸能增加妊娠环江香猪机体中脂肪和精氨酸的沉积，增加母体的营养储备，从而有利于胎儿的生长发育。

参考文献：

[1] 刘俊锋,吴琛,孔祥峰,等.精氨酸对妊娠环江香猪胎儿生长发育的影响[J].中国农业科学,2011,44(5):1040–1045.

[2] 祝倩,姬玉娇,李华伟,等.高、低营养水平饲粮对妊娠环江香猪繁殖性能、体成分和血浆生化参数的影响[J].动物营养学报,2016,28(5):1534–1540.

[3] 查伟,孔祥峰,谭敏捷,等.饲粮添加脯氨酸对妊娠环江香猪繁殖性能和血浆生化参数的影响[J].动物营养学报,2016(2):579–584.

[4] WU G Y,BAZER F W,DAVIS T A,et al.Important roles for the arginine family of amino acids in swine nutrition and production[J].Livestock Science,2007,112(1/2):8–22.

[5] NRC.Nutrient requirements of swine[S].10th ed.Washington,D.C.:National Academy Press,1998.

[6] 中华人民共和国质检总局.GB/T 17236–2008 生猪屠宰操作规程[S].北京:中国标准出版社,2008.

[7] 杨公社.猪生产学[M].北京:中国农业科技出版社,2002:55–58.

[8] 中华人民共和国卫生部.GB/T 5009.6–2003 食品中脂肪的测定[S].北京:中国标准出版社,2004.

[9] 中华人民共和国卫生部.GB/T 5009.5–2003 食品中蛋白质的测定[S].北京:中国标准出版社,2004.

[10] LIU Y Y,LI F N,KONG X F,et al.Signaling pathways related to protein synthesis and amino acid concentration in pig skeletal muscles depend on the dietary protein level,genotype and developmental stages[J].PLoS One,2015,10(9):e0138277.

[11] LIU Y Y,LI F N,HE L Y,et al.Dietary protein intake affects expression of genes for lipid metabolism in porcine skeletal muscle in a genotype-dependent manner[J].British Journal of Nutrition,2015,113(7):1069–1077.

[12] 姚姣姣.皮下脂肪沉积与胎盘效率及其脂代谢基因的关系[D].南京:南京农业大学,2014.

[13] 徐海军,印遇龙,黄瑞林,等.蛋白质和脂肪在肥育猪体内的分配沉积规律研究进展[J].广

东农业科学,2007(10):72–76.

[14] 赵乔辉,朱世平,刘颖,等.大白猪和长白猪妊娠周期内背膘厚对繁殖性能的影响[J].中国畜牧杂志,2014,50(21):7–11.

[15] 孔祥峰,印遇龙,伍国耀.猪功能性氨基酸营养研究进展[J].动物营养学报,2009,21(1):1–7.

[16] KIM S W,MATEO R D,YIN Y L,et al.Functional amino acids and fatty acids for enhancing production performance of sows and piglets[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2007,20(2):295–306.

[17] 刘俊锋,胡慧,孔祥峰,等.母猪精氨酸营养研究进展[J].动物营养学报,2010,22(4):840–844.

[18] BIRD I M,ZHANG L B,MAGNESS R R.Possible mechanisms underlying pregnancy-induced changes in uterine artery endothelial function[J].American Journal of Physiology.Regulatory,Integrative and Comparative Physiology,2003,284(2):R245-R258.

## Effects of Dietary Proline on Body Composition in Pregnant *Huanjiang* Mini-pigs

ZHANG Ting[1] ZHA Wei[1] TANG Zilong[1] KONG Xiangfeng[1,2*]

(*1.Key Laboratory for Agro-Ecological Processes in Subtropical Region, Hunan Provincial Engineering Research Center for Healthy Livestock, Scientific Observing and Experimental Station of Animal Nutrition and Feed Science in South-Central, Ministry of Agriculture, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha* 410125, *China; 2.Research Center of Mini-Pig, Huanjiang Observation and Research Station for Karst Ecosystems, Chinese Academy of Sciences, Huanjing* 547100, *China*)

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of dietary proline on body composition in pregnant *Huanjiang* mini-pigs. Thirty-two pregnant *Huanjiang* mini-pigs on day 15 of pregnancy were randomly assigned into two groups with eight replicates per group and two pigs per replicate. The pigs were fed the basal diet supplemented with 0.77% *L*-alanine (isonitrogenous control group) and 1% *L*-proline (proline group), respectively. On days 45 and 70 of pregnancy, one sow per replicate was sacrificed to analyze the body composition, respectively. The results showed that compared with the isonitrogenous control group, the fat percentage of *Huanjiang* mini-pigs was significantly decreased ($P$<0.05) and the skin percentage had an

*Corresponding author, professor, E-mail: nnkxf@isa.ac.cn （责任编辑 李慧英）

increasing trend ($0.05 \le P < 0.10$) in proline group on day 45 of pregnancy; and the fat percentage was significantly increased ($P < 0.05$), the skin percentage had a decreasing trend ($0.05 \le P < 0.10$), and the content of proline was significantly increased ($P < 0.05$) and the contents of arginine and alanine had an increasing trend ($0.05 \le P < 0.10$) of *longissimus dorsi* muscle in proline group on day 70 of pregnancy. The fat percentage was significantly increased and the lean meat percentage and skin percentage were significantly decreased in proline group on day 70 of pregnancy compared with those on day 45 of pregnancy ($P < 0.05$). These findings suggest that dietary proline can increase the deposition of body fat and arginine in pregnant *Huanjiang* mini-pigs, and the body fat deposition in mid pregnancy is higher than that in early pregnancy, thus it is beneficial to the growth and development of fetuses.

Key words: proline; pregnancy; *Huanjiang* mini-pigs; body composition; amino acid composition